

PEMBUATAN BIODIESEL DARI CPO OFF GRADE MENGGUNAKAN REAKTOR MEMBRAN

Firman Maulana, Syarfi, Ida Zahrina

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
maulana_engineer@yahoo.com

ABSTRACT

The cost of biodiesel production process is still a challenge, it needs to explore any raw material which is economically inexpensive and effective technologies to overcome the problem. CPO off grade is deemed economically potential to be processed into biodiesel because its inexpensive cost. Membrane reactor is an alternative technology that need to be developed to address this challenge. The research aimed to study the effect of oil to methanol mole ratio and transmembrane pressure on biodiesel production from CPO Off Grade. The study was conducted using two- step process, namely the process of esterification and transesterification process. Esterification process was carried out with variation of oil to methanol mole ratio of 1:12. The amount acid catalyst used is 2 % by weight of oil and reaction time of 2 hours. Transesterification process is carried out on membrane reactor with variation of oil to methanol mole ratio of 1:12, 1:16 and 1:20 and transmembrane pressure of 1 bar, 1.5 bar, 2 bars and a catalyst concentration of 1 wt% base oil and process temperature of 60 ° C. The results showed the highest conversion reached 80.14 % at the mole ratio of 1:20 and transmembrane pressure of 2 bar

Keywords : Biodiesel, CPO Off Grade, Membrane Reactor, Mole ratio, Transmembran Pressure.

PENDAHULUAN

Mengantisipasi semakin berkurangnya cadangan minyak bumi, pemerintah Indonesia saat ini mulai memproduksi biodiesel sebagai substitusi BBM. Peningkatan produksi tandan buah sawit (TBS) dan *crude palm oil* (CPO) tiap tahunnya tidak diikuti oleh peningkatan ekspor yang berarti, hal yang sama juga terjadi untuk ekspor olein (minyak goreng) dan *palm stearin*. Ketika panen berlimpah, harga jual kelapa sawit dan CPO dapat tiba-tiba tidak terkendali atau rendah, sehingga merugikan petani karena harus tetap menanggung beban operasional perkebunan sawit mereka.

Mengingat saat ini harga CPO bermutu bagus masih relatif mahal, maka untuk kegiatan ini akan digunakan CPO *off grade* (kualitas rendah) sebagai bahan baku biodiesel. Mutu yang kurang bagus menyebabkan CPO *off grade* kurang baik digunakan untuk konsumsi pangan sehingga perlu pemurnian lebih lanjut. Memproduksi biodiesel menggunakan CPO *off grade* dapat menghasilkan biodiesel yang harganya bisa bersaing dengan solar (petroleum diesel). Saat ini banyak biodiesel diproduksi menggunakan reaktor konvensional dan proses ini masih memiliki beberapa kelemahan yaitu kesulitan dalam pemisahan trigliserida yang tidak bereaksi, sehingga perlu dilakukan

pengembangan produksi biodiesel salah satunya teknologi reaktor membran.

Reaktor membran adalah sistem reaktor yang mengkombinasikan reaksi kimia dan pemisahan dengan membran. Beberapa keuntungan pembuatan biodiesel dengan reaktor membran, yaitu kemudahan memisahkan produk utama dengan reaktan yang tidak bereaksi dan dapat menghalangi pengotor sehingga menghasilkan produk dengan tingkat kemurnian yang tinggi [Dube, 2007].

Secara umum biodiesel diproduksi melalui transesterifikasi minyak dan alkohol menggunakan katalis basa yaitu natrium hidroksida [Marchetti, 2007]. Metode ini hanya boleh dilakukan pada minyak ALB dibawah 1% [Zhang, 2003]. Penggunaan minyak berkadar ALB diatas 1% dibutuhkan perlakuan awal, jika perlakuan awal tidak dilakukan maka ALB dapat bereaksi dengan katalis basa membentuk sabun dan dapat mengganggu proses.

Hayyan [2011] telah mempelajari pengaruh konsentrasi katalis asam sulfat, rasio mol minyak-metanol, temperatur dan laju pengadukan terhadap penurunan asam lemak bebas (ALB) dalam CPO parit dalam pembuatan biodiesel. Kadar ALB menurun dari 23% menjadi <2% pada konsentrasi katalis 1% wt, rasio mol minyak-metanol adalah 1:12, laju pengadukan 400 rpm dan temperatur 60° C. (Alicio *et al* [2002] mempelajari pengaruh temperatur dan tekanan transmembran terhadap fluks pada proses produksi biodiesel dari *crude soyben oil*. He [2006] mempelajari penggunaan ekstraktor membran untuk pemurnian biodiesel, hasil yang diperoleh tingkat kemurnian mencapai 99% dan lebih tinggi dari pemurnian biasa yakni sekitar 97,5%.

Trembley *et al* [2010] menjelaskan keuntungan dalam menggunakan reaktor

membran untuk memproduksi biodiesel, dimana produk terus dikeluarkan dari reaktor dalam fase berbeda dari reaktan. Disimpulkan oleh Wenten [2010], secara spesifik proses pemisahan produk biodiesel dengan reaktor membran dipengaruhi oleh karakteristik membran yang digunakan dan tekanan transmembran..

Dube [2006] melakukan penelitian pembuatan biodiesel menggunakan reaktor membran dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi dari bahan baku minyak *canola*. Pembuatan biodiesel dilakukan pada temperatur 60 °C, 65 °C, 70°C, perbandingan molar alkohol : lipid dari 50:1~6:1, pemakaian katalis asam 1-5% wt dan basa 0.05-2% wt. Sirkulasi laju alir 90-180 kg/menit selama 1-3 jam dan diperoleh yield sebanyak 65% untuk katalis asam serta 96% untuk katalis basa. Nazaruddin [2010] melakukan penelitian menggunakan reaktor membran dari CPO parit dengan perbandingan molar CPO parit : alkohol adalah 1:5, temperatur proses 60°C dengan katalis H₂SO₄ dan diperoleh yield sebanyak 89,2%. Dengan demikian, akan dikembangkan penelitian menggunakan bahan baku yang berbeda yaitu CPO *off grade*.

METODE PENELITIAN

Bahan & Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

a. CPO *Off Grade*

Penelitian ini menggunakan CPO *Off Grade* sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

b. Alkohol

Alkohol yang digunakan di dalam penelitian ini adalah Metanol Teknis dengan kemurnian yang digunakan adalah 98%.

c. Katalis

Katalis yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu katalis asam (H_2SO_4) 2%-berat minyak dan basa (KOH) 1%-berat minyak.

d. Alat

Penyediaan alat utama yaitu rangkaian reaktor membran dan alat pendukung seperti gelas ukur, gelas piala, termometer, corong pisah, erlenmeyer, buret, statif, *oil batch*, piknometer, oven, bejana berpengaduk, pipet tetes, viskometer dan neraca digital. Reaktor membran yang digunakan adalah jenis membran polypropilen dengan ukuran pori $0,1\mu\text{m}$. Rangkaian Alat Penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dan skema pembuatan biodiesel pada Gambar 2.

Variabel Penelitian

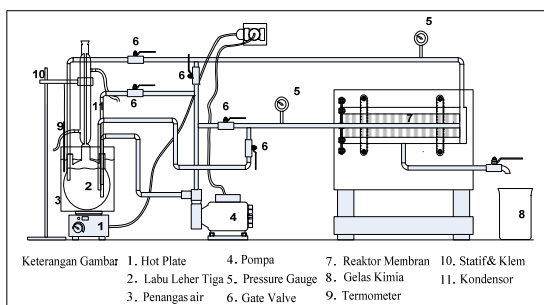
Proses Transesterifikasi

perbandingan mol minyak-metanol adalah 1:12, katalis H_2SO_4 2% berat minyak, temperatur 60°C , laju pengadukan 400 rpm selama 2 jam

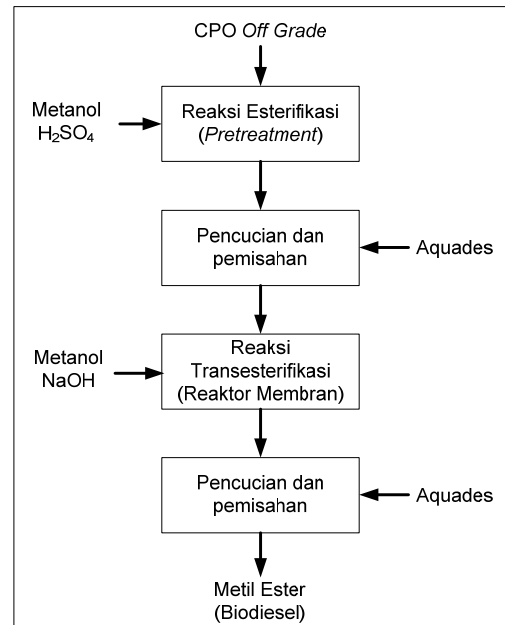
Proses Transesterifikasi

Variabel tetap : Waktu reaksi 2 jam, Temperatur 60°C , Konsentrasi Katalis KOH 1 % berat minyak.

Variabel berubah Rasio molar umpan CPO - metanol : 1:12, 1:16, 1:20 dan Tekanan Transmembran ± 1 bar, $\pm 1,5$ bar dan ± 2 bar.



Gambar 1. Rangkaian Alat Membran Reaktor.



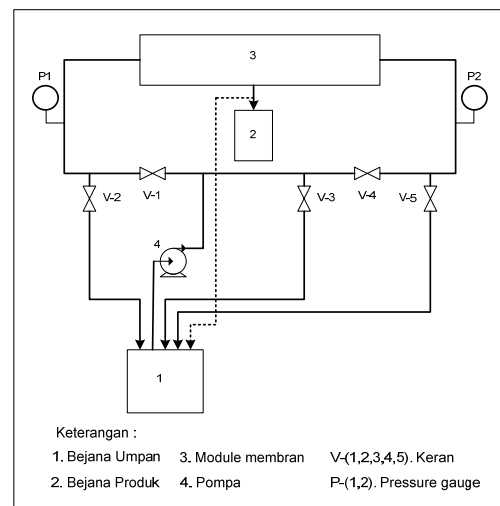
Gambar 2. Skema Pembuatan Biodiesel dari CPO Off Grade.

Prosedur Penelitian

a. Proses Pretreatment (reaksi esterifikasi)

Pretreatment dilakukan untuk mengurangi kadar asam lemak bebas yang ada dalam CPO Off Grade.

b. Proses Produksi



Gambar 4. Rangkaian aliran proses reaktor membran

Setelah dilakukannya pretreatment terhadap CPO Off Grade, maka proses selanjutnya minyak direaksikan di reaktor membran. Berikut tahapan proses kerjanya, sebagai contoh untuk perbandingan mol minyak dan

metanol 1:12 dan tekanan transmembran 1 bar. Persiapkan minyak dan metanol dengan perbandingan rasio mol adalah 1:12 dan kalalis KOH 1% berat minyak dan prosedur kerja mengacu pada Gambar 4.

- Persiapkan minyak dan metanol dengan perbandingan rasio mol adalah 1:12 dan kalalis KOH 1% berat minyak.
- Masukkan minyak kedalam bejana umpan dan dipanaskan hingga suhu 60°C, sambil memanaskan minyak campurkan katalis dengan metanol dalam gelas erlenmeyer sambil diaduk.
- Setelah minyak pada kondisi suhu yang diinginkan, masukan campuran metanol-katalis kedalam bejana umpan.
- Setelah semua bahan dimasukkan kedalam bejana umpan selanjutnya hidupkan pompa, namun sebelum itu pastikan keadaan V-1, V-2 dan V-4 dalam keadaan tertutup dan V-3 dan V-5 dalam keadaan terbuka.
- Setelah pompa dihidupkan, biarkan aliran bersirkulasi melewati V-3 selama 60 menit hingga campurannya homogen dan kondisi suhunya 60°C.
- Selanjutnya umpan siap dialirkan kedalam membran dengan cara membuka V-1 secara perlahan lahan hingga bukaan 100%. Setelah itu dilakukan pengaturan tekanan dengan cara mengatur bukaan V-3 dan V-5.
- Setelah dibukanya V-1 dan dialirkannya umpan melewati membran, maka produk yang keluar pada aliran permeat disirkulasi kedalam bejana umpan.
- Setelah 60 menit melewati membran, produk keluran permeat ditampung di bejana produk dan dicatat jumlah fluksnya per satu menit selama 20 menit.
- Setelah 2 jam proses, pompa dimatikan dan crude biodiesel yang diperoleh dilakukan proses pencucian serta pemisahan.
- Untuk menjaga efektifitas membran, maka dilakukan proses pencucian menggunakan larutan NaOH 0.5 N dengan sistem *counter*

current, dimana V-1, V-3 dan V-5 dalam keadaan tertutup sedangkan V-2 dan V-4 dalam keadaan terbuka, pencucian dilakukan selama 1 jam atau sampai kondisi air cucian tetap bersih.

- Untuk variabel berubah berikutnya, dilakukan proses yang sama dengan prosedur diatas.

Teknik Analisis Data

Analisa kandungan senyawa pada biodiesel menggunakan GCMS, analisa viskositas menggunakan viscometer Ostwald dan densitas menggunakan piknometer serta analisa bilangan asam menggunakan metode uji ASTM D-664.

Parameter Uji Keberhasilan

Teknik analisis yang dipakai adalah analisa deskriptif dengan cara membandingkan kualitas biodiesel hasil penelitian dengan standard nasional indonesia-SNI 04-7182-2006.

HASIL & PEMBAHASAN

Analisa Bahan Baku

karakteristik CPO *Off Grade* hasil uji ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Karakteristik CPO *Off Grade*

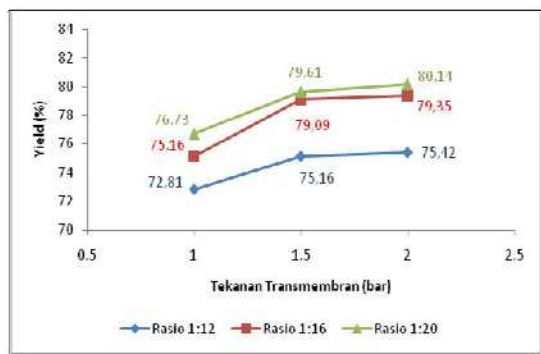
No	Parameter	Unit	Hasil
1	Densitas (40°C)	Kg/m ³	957
2	Viskositas (40°C)	Mm ² /s (cSt)	18,86
3	Bilangan asam (N _A)	Mg-KOH/g	7,32
4	Kadar Air	%	1,64

Pengaruh Variasi Molar Terhadap Yield Biodiesel

Dari **Gambar 5** menunjukkan bahwa pengaruh rasio molar berpengaruh terhadap

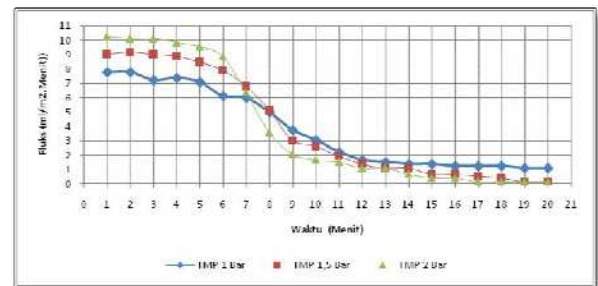
peningkatan perolehan *yield* biodiesel. *yield* tertinggi yang dihasilkan yaitu 80,14 % pada perbandingan molar 1:20 dengan tekanan transmembran 2 bar dan waktu reaksi selama 2 jam. Pada perbandingan molar 1:12 dengan tekanan transmembran 1 bar diperoleh *yield* 72,81 %, sedangkan pada tekanan yang sama hasil *yield* pada rasio 1:16 dan 1:20 lebih tinggi yakni sebesar 75,16 dan 76,73. Hal ini dapat menunjukkan semakin besar perbandingan rasio molar metanol terhadap minyak dapat meningkatkan perolehan *yield*.

Tren peningkatan *yield* tersebut juga terjadi untuk kenaikan tekanan, dapat dilihat pada rasio molar 1:20 pada tekanan 1 bar, 1,5 bar dan 2 bar dihasilkan *yield* berturut-turut sebesar 76,73% ; 79,61% ; 80,18%. Hal ini karena pengambilan hasil fluks hanya 20 menit setelah reaksi, sehingga untuk tekanan 1 bar belum diperoleh hasil produk yang banyak sehingga berpengaruh terhadap hasil *yield* yang diperoleh. Dibandingkan dengan studi yang dilakukan Cao dkk [2007] menunjukkan membran reaktor beroperasi efektif pada tipe semi-kontinu ratio molar minyak dan alkohol adalah 1:16, sedangkan pada penelitian ini diperoleh *yield* terbesar pada rasio 1 :20. Hal ini terjadi kemungkinan penggunaan variabel yang berbeda pada proses pembuatan biodiesel dari CPO *Off Grade* dengan reaktor membran.



Gambar 5. Pengaruh Variasi Molar Terhadap Yield Biodiesel

Pengaruh Tekanan Transmembran Terhadap Fluks Permeat



Gambar 6. Pengaruh Tekanan Transmembran terhadap Fluks Permeat pada rasio 1:20

Dari **Gambar 5**, diatas dapat dilihat bahwa tekanan mempengaruhi fluks permeat pada produksi biodiesel dari CPO *Off Grade*. Dapat dilihat pada masing masing grafik, fluks terbesar diperoleh pada tekanan transmembran 2 bar diikuti dengan tekanan 1.5 bar dan 1 bar. Hal ini terjadi karena pada tekanan 2 bar, gaya dorong terhadap produk terhadap permukaan membran sangat sehingga terjadinya peningkatan fluks permeat.

Karakteristik Fisik Metil Ester

Ester yang dihasilkan berwarna kuning pucat, transparan, encer dan berbau. Berdasarkan hasil uji analisa sifat fisik dan karakteristiknya telah memenuhi standar yang diinginkan. Hasil uji dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

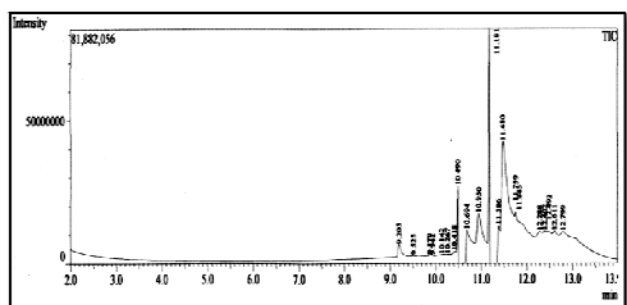
Tabel 3. Karakteristik Metil Ester

No	Parameter	Unit	SNI -04-7128-2006	Hasil Penelitian
1	Densitas (40°C)	Kg/m ³	850 - 890	861
2	Viskositas (40°C)	Mm2/s (cSt)	2,3 – 6,0	5,14
3	Bilangan asam (N _A)	Mg-KOH/g	Max. 0,8	0,62
4	Titik Nyala	°C	Min 100	145

Hasil Analisa GCMS Biodiesel

Hasil analisa dengan menggunakan alat GC-MS menyatakan jumlah persentasi komponen kimia yang terkandung di dalam

biodiesel. Hasil analisis menggunakan GC-MS untuk variasi rasio mol minyak-metanol adalah 1 : 12 dengan tekanan transmembran 1 bar.



Reactor for Biodiesel Production, Ind. Eng. Chem. Res., 46, hal. 52.

Fesseden, R.J., dan Fesseden J.S., 1986, Kimia Organik, Jilid ke 2, edisi ke 3, Terjemahan A.H., Pudjatmaka, Erlangga, Jakarta.

Hayyan, A., Alam, M.Z., Kabbashi, N.A., Mirghani, M.E.S., Hakimi, N.I.N.M., Siran, Y.M., dan Tahiruddin, S., 2011, Reduction of High content of free fatty acid in sludge palm oil via acid catalyst for biodiesel production, *Fuel Processing Technol.*, 92, 920-924.

He H., Guo X., dan Zhu S., 2006, Comparison of membrane extraction with traditional extraction methods for biodiesel production, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 83, hal.457–60.

Helwani, Z., Othman, M.R., Aziz, N., Fernando, W.J.N., dan Kim, L., 2009, Technologies for production of biodiesel focusing on green catalytic techniques: A review, *Fuel Processing Technology*, 90, 1502-1514.

Kurniasih, E., 2008, Pemanfaatan Asam Lemak Sawit Distilat Sebagai Bahan Baku Dietanolamida Menggunakan Lipase (*Rhizomucor meihei*), Tesis, Universitas Sumatera Utara.

Syarfi, Nazaruddin, Zahrina I. 2010. “Pengaruh Tekanan Transmembran Pada Pembuatan Biodiesel Dari CPO Parit Dengan Reaktor Membran”. Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi III 2010. Lampung.

Wenten. I G, HN. Mala. 2010. “Review Proses Produksi Biodiesel dengan Menggunakan Membran Reaktor”. Fakultas Teknologi Industri: ITB.

Zhu M., He B., Shi W., Feng Y., Ding J., Li J., dan Zeng F., (2010). “Preparation and Characterization of PSSA/PVA Catalytic Membrane for Biodiesel Production”. *Fuel*.doi:10.1016/j.fuel.2010.02.

